

①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 40 32 828 A 1**

⑤1 Int. Cl.4:
G 01 P 15/125
G 01 D 5/24
H 01 L 21/306
H 01 G 5/16

⑳ Aktenzeichen: P 40 32 828.7
㉑ Anmeldetag: 16. 10. 90
㉒ Offenlegungstag: 25. 4. 91

DE 40 32 828 A 1

③0 Unionspriorität: ③2 ③3 ③1
18.10.89 JP 1-268950 12.01.90 JP 2-3626

⑦1 Anmelder:
Hitachi, Ltd., Tokio/Tokyo, JP; Hitachi Automotive
Engineering Co., Ltd., Katsuta, Ibaraki, JP

⑦4 Vertreter:
Beetz sen., R., Dipl.-Ing.; Beetz jun., R., Dipl.-Ing.
Dr.-Ing.; Timpe, W., Dr.-Ing.; Siegfried, J., Dipl.-Ing.;
Schmitt-Fumian, W., Prof. Dipl.-Chem. Dr.rer.nat.;
Mayr, C., Dipl.-Phys.Dr.rer.nat., Pat.-Anwälte, 8000
München

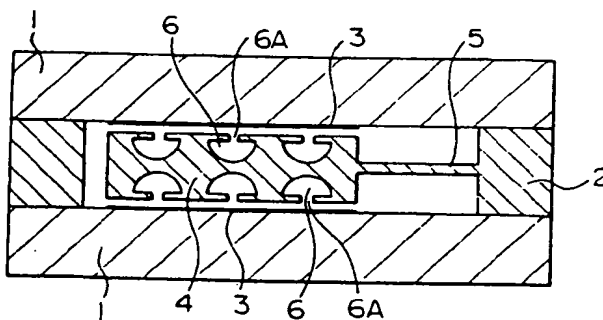
⑦2 Erfinder:
Tsuchitani, Shigeki, Mito, JP; Suzuki, Seiko,
Hitachiota, JP; Shimada, Satoshi, Hitachi, JP; Miki,
Masayuki, Katsuta, JP; Matsumoto, Masahiro,
Hitachi, JP; Yokota, Yoshihiro; Naito, Shotaro,
Katsuta, JP

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Beschleunigungsdetektor

Ein Beschleunigungsdetektor mit einem am freien Ende eines Auslegers (5) ausgebildeten, elektrisch leitenden Massenbereich (4) und gegenüber dem Massenbereich angeordneten festen Elektroden (3), wobei zwischen den festen Elektroden und dem Massenbereich ein Spalt (d) vorhanden ist, so daß der Beschleunigungswert auf der Grundlage der Kapazitätsänderung zwischen dem Massenbereich und den festen Elektroden ermittelt wird. Im Inneren des Massenbereichs ist wenigstens ein Hohlraum (6) ausgebildet, durch den das Gewicht des Massenbereichs verringert wird, so daß der Meßbereich erweitert wird.

FIG. 1



DE 40 32 828 A 1

1
Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft einen Beschleunigungsdetektor und insbesondere einen Beschleunigungsdetektor, der zur Steuerung eines Fahrzeugs oder ähnlichem geeignet ist.

Im Stand der Technik sind folgende Typen von Beschleunigungsdetektoren vorgeschlagen worden:

ein piezoelektrischer Beschleunigungsdetektor, der den piezoelektrischen Effekt eines piezoelektrischen Materials ausnutzt;
ein Meßwertverschiebungsbeschleunigungsdetektor, der einen Piezowiderstandseffekt ausnutzt;
ein Servobeschleunigungsdetektor, der einen Kraft-rückkopplungsmechanismus besitzt;
ein magnetischer Beschleunigungsdetektor, der einen Differentialüberträger verwendet;
ein optischer Beschleunigungsdetektor, der einen Photounterbrecher verwendet;
ein kapazitätsbetriebener Beschleunigungsdetektor, der eine Kapazität verwendet, die zwischen zwei durch Bedampfungsbeschichtung ausgebildeten Elektroden angeordnet ist, usw.

Unter diesen Beschleunigungsdetektoren besitzt der kapazitätsbetriebene Beschleunigungsdetektor die größten Aussichten auf eine künftige Verwendung.

Der kapazitätsbetriebene Beschleunigungsdetektor ist in "Transducers 87, Digest of Technical Papers", S. 395 bis 398, 1987, beschrieben.

Gemäß diesem Artikel ist an einem freien Ende eines Auslegers eine verschiebbare Masse angebracht, so daß sich die Masse unter der Wirkung einer Beschleunigung verschiebt.

Ferner sind an einem Massenbereich und einem dem Massenbereich gegenüberliegenden festen Bereich Elektroden vorgesehen, die auf diese Weise eine Kapazität bilden. Die Verschiebung der Masse wird auf der Grundlage der Kapazitätsänderung zwischen dem Massenbereich und dem unbeweglichen Bereich erfaßt, wobei das Erfassungsergebnis rückgekoppelt wird, so daß der Massenbereich durch eine elektrostatische Kraft zum Verbleib in einem neutralen Punkt gezwungen wird.

Daher wird der Wert der Beschleunigung auf der Grundlage der in diesem Zeitpunkt vorliegenden Rückkopplungsgröße erfaßt.

In dem oben erwähnten kapazitätsbetriebenen Beschleunigungsdetektor ist zwar einerseits die Erfassungsgenauigkeit hoch, andererseits ist aber der Meßbereich klein. Für die Vergrößerung des Meßbereichs ist eine hohe Treiberspannung erforderlich.

Dabei entsteht jedoch ein erstes Problem, welches darin besteht, daß in einem Fall, in dem der Wert der Quellenspannung Beschränkungen unterliegt, etwa in einem Fahrzeug oder ähnlichem, eine Spannungserhöhungsschaltung erforderlich ist.

Ein zweites Problem in einem solchen Beschleunigungssensor besteht darin, daß der Spalt zwischen der Elektrode und dem Massenbereich in der Größenordnung von Mikrometern liegt, so daß die Gefahr des Kurzschlusses des Spaltes besteht, wenn Fremdmaterie in den Spalt eindringt.

In diesem Fall ist ein indirektes Verfahren zum Prüfen der elektrischen Ausgabe verwendet worden, um eine Kurzschlußuntersuchung auszuführen. Dabei entsteht jedoch ein Fertigstellungsproblem, weil diese Untersuchung viel Zeit erfordert.

Der Grund hierfür besteht darin, daß in den gegen-

2

wärtig vorgeschlagenen Beschleunigungsdetektoren die Aluminiumelektroden durch Bedampfungsbeschichtung oder Kathodenzerstäubung ausgebildet werden, wodurch die Elektroden undurchsichtig werden, so daß keine externe Sichtprüfung vorgenommen werden kann.

Es ist daher eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen Beschleunigungsdetektor zu schaffen, in dem der Meßbereich der Beschleunigung ohne Erhöhung der Treiberspannung erweitert werden kann.

Es ist eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen Beschleunigungsdetektor zu schaffen, in dem die Prüfung der Elektroden und des Massenbereichs durch eine externe Sichtprüfung bewerkstelligt werden kann.

Die erstgenannte Aufgabe wird bei einem Beschleunigungsdetektor der gattungsgemäßen Art gelöst durch die Merkmale im kennzeichnenden Teil des Anspruchs 1.

Die zweitgenannte Aufgabe wird bei einem Beschleunigungsdetektor der gattungsgemäßen Art gelöst durch die Merkmale im kennzeichnenden Teil des Anspruchs 9.

Ein Merkmal der Erfindung besteht darin, daß der erfindungsgemäße Beschleunigungsdetektor so aufgebaut ist, daß die Masse des Massenbereichs so klein wie möglich ausgebildet wird, ohne daß die Flächen der Elektroden verändert werden.

Bei diesem Aufbau des erfindungsgemäßen Beschleunigungsdetektor kann der Meßbereich auch bei niedriger Spannung erweitert werden, weil die Masse ohne Veränderung der Flächen der Elektroden reduziert ist.

Ein zweites Merkmal der Erfindung besteht darin, daß in dem erfindungsgemäßen Beschleunigungsdetektor Elektroden verwendet werden, durch die der Spalt zwischen den Elektroden und dem Massenbereich beobachtet werden kann.

Bei diesem Aufbau des Beschleunigungsdetektors kann der Spalt zwischen den Elektroden und dem Massenbereich durch die Elektroden hindurch beobachtet werden, so daß festgestellt werden kann, ob dort Fremdmaterie vorhanden ist. Daher kann die Prüfzeit stark abgekürzt werden.

Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung sind in den Nebenansprüchen und in den Unteransprüchen angegeben.

Die Erfindung wird im folgenden anhand von bevorzugten Ausführungsformen mit Bezug auf die Zeichnungen näher erläutert; es zeigen:

Fig. 1 einen Querschnitt des Grundaufbaus gemäß einem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung in einer ersten Ausführungsform;

Fig. 2 einen Querschnitt zur Erläuterung des Grundgedankens gemäß dem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung;

Fig. 3, 5 Querschnitte zur genaueren Erläuterung des in Fig. 1 gezeigten Aufbaus;

Fig. 4 ein schematisches Flußdiagramm eines Prozesses zur Erzeugung des in Fig. 3 gezeigten Aufbaus;

Fig. 6 einen Querschnitt eines weiteren Aufbaus gemäß dem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung;

Fig. 7 eine Konstruktionsansicht eines beweglichen Elektrodenbereichs, in dem eine direkter Silizium/Silizium-Verbindung Verwendung findet;

Fig. 8, 9 Querschnitte jeweils eines weiteren Aufbaus gemäß dem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung;

Fig. 10 einen Querschnitt eines erfindungsgemäßen Beschleunigungsdetektors gemäß einem zweiten Aspekt der vorliegenden Erfindung in einer weiteren

Ausführungsform;

Fig. 11 einen Querschnitt entlang der Linie II-II in Fig. 10;

Fig. 12 einen Querschnitt entlang der Linie III-III in Fig. 10;

Fig. 13 einen Querschnitt entlang der Linie IV-IV in Fig. 10;

Fig. 14 eine perspektivische Ansicht des zusammengebauten Beschleunigungsdetektors; und

Fig. 15, 16 Vorderansichten von Elektrodenformen gemäß weiterer Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung.

Nun wird mit Bezug auf die Zeichnungen der erste Aspekt der vorliegenden Erfindung beschrieben. Insbesondere wird zunächst mit Bezug auf Fig. 2 der Grundgedanke der vorliegenden Erfindung gemäß dem ersten Aspekt beschrieben.

Wie in Fig. 2 gezeigt, umfaßt ein erfindungsgemäßer Beschleunigungsdetektor ein elektrisch leitendes Substrat 2, in dem eine aus einem Ausleger 5 und einem Massenbereich zusammengesetzte bewegliche Elektrode 4 ausgebildet ist. Auf der Oberseite und der Unterseite des elektrisch leitenden Substrates 2 ist jeweils ein elektrisch isolierendes Substrat 1 angeordnet, während an den Oberflächen der elektrisch isolierenden Substrate 1 gegenüber der beweglichen Elektrode 4 jeweils eine unbewegliche Elektrode 3 vorgesehen ist. Wenn die Masse der beweglichen Elektrode 4 durch m dargestellt wird, ist die Trägheitskraft, die im Augenblick der Anwendung einer Beschleunigung auf die bewegliche Elektrode 4 ausgeübt wird, durch die Gleichung

$$F_1 = m \cdot \alpha \quad (1)$$

gegeben. Es wird angenommen, daß die Verschiebung der beweglichen Elektrode hinreichend gering ist und parallel zur oberen und zur unteren festen Elektrode 3 verläuft. Es seien d_1 und d_2 die Spalte zwischen der beweglichen Elektrode 4 und der oberen festen Elektrode 3 bzw. zwischen der beweglichen Elektrode 4 und der unteren festen Elektrode 3. Wenn zwischen der beweglichen Elektrode 4 und der oberen festen Elektrode 3 die Spannung V_1 und zwischen der beweglichen Elektrode 4 und der unteren festen Elektrode 3 die Spannung V_2 anliegt, kann die auf die bewegliche Elektrode 4 ausgeübte Kraft folgendermaßen ausgedrückt werden:

$$F_2 = (\epsilon \cdot S \cdot V_1^2 / d_1^2 - \epsilon \cdot S \cdot V_2^2 / d_2^2) \quad (2)$$

Dabei stellt ϵ die dielektrische Konstante eines in den Spalten vorhandenen Mediums dar, S stellt die wirksame Fläche einer jeden der der beweglichen Elektrode 4 gegenüberliegenden festen Elektroden 3 dar.

Unter der Annahme, daß ein Servosystem stabilisiert wird, wenn $d_1 = d_2 = d$ gilt, ergibt sich aus Gleichung (2):

$$F_2 (V_1^2 - V_2^2) \cdot \epsilon \cdot S / d^2 \quad (3)$$

Wenn ferner die Fläche, die Dicke und die Dichte der beweglichen Elektrode 4 durch S, t und ρ dargestellt werden, kann die Masse der beweglichen Elektrode 4 durch die folgende Gleichung ausgedrückt werden:

$$m = S \cdot t \cdot \rho \quad (4)$$

Wenn die Rückstellkraft des Auslegers 5 vernachlässigt werden kann und die Trägheitskraft F_1 und die elek-

trostatische Kraft F_2 im Gleichgewicht sind, kann daher aus den Gleichungen (1), (3) und (4) die folgende Gleichung (5) erhalten werden:

$$S \cdot t \cdot \rho \cdot \alpha = (V_1^2 - V_2^2) \cdot \epsilon \cdot S / d^2 \quad (5)$$

Daraus ergibt sich die folgende Gleichung:

$$\alpha = (V_1^2 - V_2^2) \cdot \epsilon / (d^2 \cdot t \cdot \rho) \quad (6)$$

Um den Meßbereich für die Beschleunigung α zu erweitern, können aufgrund der Gleichung (6) die folgenden vier Verfahren vorgeschlagen werden:

- a) ein Verfahren zur Verringerung des Spaltes d zwischen der beweglichen Elektrode 4 und der entsprechenden festen Elektrode 3;
- b) ein Verfahren zur Verringerung der Dicke t der beweglichen Elektrode 4;
- c) ein Verfahren zur Verringerung der Dichte ρ der Bestandteile der beweglichen Elektrode 4; und
- d) ein Verfahren zur Vergrößerung des Wertes von $(V_1^2 - V_2^2)$.

Für die Erweiterung des Meßbereichs bezüglich eines positiven Beschleunigungswertes kann ein Verfahren zur Vergrößerung des Wertes V_1 und zur Verringerung des Wertes V_2 vorgeschlagen werden. Zur Erweiterung des Meßbereichs bezüglich eines negativen Beschleunigungswertes kann ein Verfahren zur Verringerung des Wertes V_1 und zur Vergrößerung des Wertes V_2 vorgeschlagen werden. Wenn daher sowohl positive als auch negative Beschleunigungswerte in Betracht gezogen werden, ist es wichtig, daß große Werte der Spannung V_1 und der Spannung V_2 angelegt werden können. Beim Verfahren (a) entsteht jedoch das folgende Problem: Wenn die Spaltbreite d abnimmt, wird es schwieriger, die Spaltbreite d mit hoher Genauigkeit zu kontrollieren, weil der Einfluß der Fertigungsgenauigkeit, der Ablagerung von Fremdmaterial im Spalt usw. zunimmt.

Im Verfahren (d) müssen elektrische Quellschaltungen austauschbar vorgesehen werden, um die angelegten Spannungen zu erhöhen. In einigen Fällen kann es daher schwierig sein, dieses Verfahren in einem Fahrzeug oder ähnlichem anzuwenden.

Andererseits kann in dem Verfahren (b) und in dem Verfahren (c) die Masse der beweglichen Elektrode verhältnismäßig leicht verringert werden. In Halbleiterbeschleunigungssensoren wird in den meisten Fällen Silizium als ausgezeichnetes Sensormaterial verwendet. Es ist zwar schwierig, die Dichte ρ des Materials zu verringern, andererseits kann jedoch die mittlere Dichte der beweglichen Elektrode 4 dadurch verringert werden, daß in ihrem Inneren ein Hohlraum (oder mehrere Hohlräume) geschaffen wird.

Aus den genannten Gründen zielt die vorliegende Erfindung auf eine Verringerung der Masse der beweglichen Elektrode 4, wie in dem Verfahren (b) und in dem Verfahren (c) vorgeschlagen wird.

In Fig. 1 ist der Grundaufbau eines Beschleunigungsdetektors gezeigt, mit dem das Verfahren (c) verwirklicht wird. Wie in Fig. 1 gezeigt, sind im Inneren der beweglichen Elektrode 4 Hohlräume 6 vorgesehen, deren Öffnungen 6A in Richtung der festen Elektroden 3 geöffnet sind. Der Durchmesser einer jeden der Öffnungen 6A ist so klein wie möglich ausgebildet, um die Oberfläche S der beweglichen Elektrode 4 so wenig wie möglich zu verringern. Die Größe eines jeden der Hohl-

räume 6 ist so ausgebildet, daß bei Aufrechterhaltung einer ausreichenden mechanischen Festigkeit der beweglichen Elektrode 4 die mittlere Dichte ρ der beweglichen Elektrode 4 soweit wie möglich verringert wird.

Wie aus Gleichung (6) ersichtlich, ist der Meßbereich der Beschleunigung umgekehrt proportional zur mittleren Dichte ρ der beweglichen Elektrode.

Wenn das Gesamtvolumen der Hohlräume durch M dargestellt wird, ist der Meßbereich im folgenden Sinn umgekehrt proportional zur mittleren Dichte ρ :

$$\text{Meßbereich } (1/\rho) [(S \cdot t)/(S \cdot t - M)]$$

D. h., daß der Meßbereich bei Erhöhung von M erweitert wird. Beispielsweise wird der Meßbereich dann, wenn $M = S \times t/2$ ist, verdoppelt.

In Fig. 3 ist ein besonderer Aufbau gezeigt, mit dem der in Fig. 1 gezeigte Aufbau erzielt wird. In Fig. 3 bezeichnet das Bezugszeichen 1 ein Paar von Glassubstraten, wobei auf der Oberfläche eines jeden Glassubstrats mittels Photolithographie oder ähnlichem wenigstens eine feste Elektrode 3 ausgebildet ist. Das Bezugszeichen 2 bezeichnet ein Siliziumsubstrat, aus dem mittels einer anisotropen Ätzung wie etwa einer Alkaliätzung oder ähnlichem eine bewegliche Elektrode 4 und ein Ausleger 5 ausgebildet werden. Für die Ausbildung der Hohlräume 6 wird die Abhängigkeit der die Ätzwirkung bestimmenden Ätzrate von der Störstellenkonzentration ausgenutzt. Beispielsweise besteht beim Plasmaätzen bei Verwendung von Chlorplasma oder beim licht-erregten Trockenätzen folgende Abhängigkeit von der Störstellenart und -konzentration: $n^+ > n > p > p^+$. In Fig. 4 ist der Prozeß zur Ausbildung der Hohlräume 6 in der beweglichen Elektrode unter Verwendung eines Ätzverfahrens in Übersicht gebracht. Die äußere Erscheinungsform der beweglichen Elektrode 4 wird durch anisotropes Ätzen ausgebildet. Dann wird als Störstellenschicht 7 mit niedriger Ätzrate durch Wärmedispersion oder Ionenimplantation eine p^+ -Schicht ausgebildet. Danach wird die Chlorplasma-Ätzung ausgeführt. Wenn die Ätzung vom Oberflächenbereich außerhalb der p^+ -Schicht in eine Tiefe fortschreitet, die größer als die Dicke der p^+ -Schicht ist, wird die Rückseite der p^+ -Schicht geätzt (Unterätzung), um das Volumen des jeweiligen Hohlraums 6 zu vergrößern.

Nachdem die Bearbeitung des Siliziumsubstrats und der Glassubstrate beendet ist, werden die drei Substrate aufeinander geschichtet und mittels einer Anodenverbindung befestigt.

In dieser Ausführungsform kann ein Massenverringereffekt der beweglichen Elektrode durch einen einfachen Prozeß erzielt werden, indem die Abhängigkeit der Ätzrate des Siliziums von der Störstellenkonzentration ausgenutzt wird.

In Fig. 5 ist ein weiterer besonderer Aufbau gezeigt, mit dem der Aufbau von Fig. 1 erzielt wird. Nach dem Ausbilden der äußeren Erscheinungsform der beweglichen Elektrode 4 wird das Innere der beweglichen Elektrode 4 geätzt, um Hohlräume 6 zu schaffen, wobei die bewegliche Elektrode 4 mit einer elektrisch isolierenden Schicht 8 wie etwa einer Siliziumnitridschicht oder ähnlichem maskiert wird. In dieser Ausführungsform kann für den Siliziumätzprozeß eine gewöhnliche isotrope Naßätzung verwendet werden. Bevor die Maske der elektrisch isolierenden Schicht 8 wie etwa einer Siliziumnitridschicht oder ähnlichem gebildet wird oder nachdem die Hohlräume 6 geschaffen worden sind, wird auf der Oberfläche der elektrisch isolierenden Schicht wie

etwa einer Siliziumnitridschicht oder ähnlichem eine elektrisch leitende Schicht 9 gebildet, um eine Elektrode zu schaffen. In dieser Ausführungsform ist die elektrisch leitende Schicht 9 mit dem Ausleger 5 durch eine Leitung 9A elektrisch verbunden.

Gemäß der oben erwähnten Ausführungsform kann der Massenverringereffekt der beweglichen Elektrode durch eine Prozeßtechnik erhalten werden, die im Stand der Technik bereits in Gebrauch ist.

Durch die oben erwähnte Ausführungsform wird eine Technik aufgezeigt, mit der in der Oberfläche der beweglichen Elektrode 4 kleine Löcher ausgebildet werden und durch die Anwendung einer Ätzung im Inneren der beweglichen Elektrode 4 große Hohlräume 6 ausgebildet werden.

Im Gegensatz dazu kann durch Verwendung einer Siliziumgrenzschichtverbindungstechnik eine bewegliche Elektrode 4 mit einem großen inneren Hohlraum und keinerlei Verbindungen zur Außenseite oder eine bewegliche Elektrode 4 mit komplexerer Form ausgebildet werden.

In Fig. 6 ist der Aufbau eines Detektors gezeigt, der lediglich im Inneren der beweglichen Elektrode 4 einen Hohlraum 6 besitzt. Unter Verwendung einer Technik der direkten Siliziumgrenzschichtverbindung sind zwei Siliziumsubstrate 2a und 2b, die jeweils einen zu der Hälfte des Hohlraums 6 äquivalenten konkaven Bereich 10 besitzen, aneinander befestigt, um ein Substrat mit einem in seinem Inneren befindlichen Hohlraum zu schaffen. Im Augenblick ihrer Zusammenfügung sind die Kristallrichtungen der zwei Siliziumsubstrate 2a und 2b gut aneinander angepaßt.

Danach werden unter Verwendung einer gewöhnlichen anisotropen Ätzung eine bewegliche Elektrode 4, ein Ausleger 5 und ähnliches ausgebildet. In bezug auf das Verfahren zur Bearbeitung der Glassubstrate 1 und in bezug auf das Verfahren der Aufeinanderanschichtung der Siliziumsubstrate 2a und 2b auf die Glassubstrate 1 unterscheidet sich diese Ausführungsform nicht von der vorhergehenden Ausführungsform.

Gemäß dieser Ausführungsform kann aufgrund der Technik des direkten Zusammenfügens des Siliziums die Masse der beweglichen Elektrode durch anisotrope Ätzung auf die gleiche Weise wie im herkömmlichen Sensor verringert werden.

Durch diese Technik der direkten Grenzschichtverbindung des Siliziums kann eine komplexere bewegliche Elektrode 4, wie sie in Fig. 7 gezeigt ist, geschaffen werden.

In Fig. 7 besitzt die bewegliche Elektrode 4 eine flache I-Struktur, in der in gegenüberliegenden Seiten des die obere und die untere Fläche 4a bzw. 4b verbindenden Trägerbereichs 4c Hohlräume ausgebildet sind.

Dadurch kann die Masse der beweglichen Elektrode 4 schrittweise verringert werden.

Im folgenden wird ein Aufbau beschrieben, in dem die Dicke der beweglichen Elektrode durch das Verfahren (b) verringert wird.

Das einfachste Verfahren zur Verringerung der Dicke der beweglichen Elektrode ist durch ein Verfahren gegeben, in dem ein dünnes Substrat verwendet wird. Jedoch ist die Dicke eines Wafers wegen der Handhabungseigenschaften und der Festigkeit Beschränkungen unterworfen.

In Fig. 8 ist ein Aufbau gezeigt, in dem die Dicke der beweglichen Elektrode 4 durch eine Ätzung verringert wird. Um die Größe des Spalts zwischen der beweglichen Elektrode 4 und der entsprechenden festen Elek-

trode 3 aufrechtzuerhalten, wird der Bereich 1a, an dem die feste Elektrode 3 befestigt wird, umgekehrt proportional zur Verringerung der Dicke der beweglichen Elektrode 4 verbreitert. Die bewegliche Elektrode 4 und der Ausleger 5 stehen in folgender Beziehung: Die Dicke des befestigten Bereichs des Auslegers 5 ist größer als die Dicke der beweglichen Elektrode 4, die wiederum größer als die Dicke des mittigen Bereichs des Auslegers 5 ist.

Aus Gleichung (6) ist ersichtlich, daß der Meßbereich verdoppelt wird, wenn die Dicke t halbiert wird.

Gemäß dieser Ausführungsform wird ein Massenverringerungseffekt der beweglichen Elektrode durch einen einfachen Aufbau erzielt.

Obwohl in dieser Ausführungsform ein Fall gezeigt ist, (Fig. 9), in dem die Substrate 1 in bezug auf die bewegliche Elektrode 4 in vertikaler Richtung einander gegenüberliegen, indem auf elektrisch isolierenden Substraten Elektroden ausgebildet werden, ist die vorliegende Erfindung selbstverständlich nicht auf diese besondere Ausführungsform beschränkt, außerdem kann die vorliegende Erfindung auf einen Fall angewendet werden, in dem die Substrate 1 aus Silizium gebildet sind. In diesem Fall werden die Siliziumsubstrate 1 im mittigen Siliziumsubstrat über elektrisch isolierende Schichten 10' wie etwa Glas, Siliziumoxid oder ähnliches aneinander befestigt.

Wenn aufgrund einer zwischen der Elektrode 4 und den Elektroden 3 angelegten Spannung die bewegliche Elektrode 4 mit der entsprechenden festen Elektrode 3 in Berührung kommt, können die Elektroden aufgrund einer durch einen Strom mit hoher Stromdichte verursachten Erwärmung aneinander haften. In diesem Fall kann das Aneinanderhaften der Elektroden verhindert werden, wenn eine sehr dünne elektrisch isolierende Schicht auf der Oberfläche der beweglichen Elektrode 4 oder auf der Oberfläche der festen Elektrode 3 vorgesehen wird.

Gemäß dem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung kann eine Erweiterung des Meßbereichs des Beschleunigungsdetektors erzielt werden, ohne daß die Treiberspannung erhöht werden muß. Wenn beispielsweise ein Hohlraum mit einem Volumen, das gleich der Hälfte des Gesamtvolumens der beweglichen Elektrode ist, ausgebildet wird oder wenn die Dicke der beweglichen Elektrode halbiert wird, wird der Meßbereich verdoppelt. Dies ist besonders dann wirksam, wenn die Quellenspannung Beschränkungen unterliegt.

Im folgenden wird der zweite Aspekt der vorliegenden Erfindung beschrieben.

In Fig. 10 bezeichnet das Bezugszeichen 2 eine Platte aus Silizium (die im folgenden mit "Siliziumplatte" bezeichnet wird). Auf gegenüberliegenden Seiten der Siliziumplatte 2 sind durchsichtige Substrate 1A und 1B aus Glas oder ähnlichem befestigt. Jedes der durchsichtigen Substrate 1A und 1B dient als elektrischer Isolator.

Ein Ausleger 5, der als Massenbereich ein Gewicht 4 aufweist, ist als Teil der Siliziumplatte 2 ausgebildet. Gegenüber gegenüberliegenden Seiten des Auslegers 5 sind jeweils feste Elektroden 3A und 3B vorgesehen. Die festen Elektroden 3A und 3B sind an den durchsichtigen Substraten 1A bzw. 1B befestigt und mit einer durch eine Durchgangsbohrung 12 geführten externen Verdrahtung 13 verbunden. Dieser Beschleunigungssensor ist aus drei Elementen aufgebaut, wie in den Fig. 11 bis 13 gezeigt ist. In Fig. 11 und in Fig. 13 sind die durchsichtigen Substrate 1A und 1B gezeigt, auf denen rechteckige Elektroden 3A und 3B ausgebildet sind. In Fig. 12

ist die Siliziumplatte 2 gezeigt, in der im Inneren das Gewicht 4 und der Ausleger 5 getrennt ausgebildet sind.

In Fig. 14 sind die drei Elemente im zusammengesetzten Zustand gezeigt.

Der zweite Aspekt der vorliegenden Erfindung besitzt das Merkmal, daß das Gewicht 4 des oben erwähnten Beschleunigungssensors durch die festen Elektroden 3A und 3B hindurch beobachtbar ist.

Im folgenden wird der oben erwähnte Beschleunigungsdetektor genauer beschrieben.

Die in Fig. 10 gezeigten festen Elektroden 3A und 3B sind aus einem Indiumoxid-Zinn-Material hergestellt. Das Indiumoxid-Zinn-Material wird auf den durchsichtigen Substraten 1A und 1B durch ein Hochfrequenz-Ionplating befestigt. Wenn eine dünne Indiumoxid-Zinn-Schicht durch Hochfrequenz-Ionplating wie oben beschrieben ausgebildet wird, werden die festen Elektroden 3A und 3B als durchsichtige Elektroden geschaffen. Daher kann das Gewicht 4 durch die durchsichtigen Substrate 1A und 1B und durch die durchsichtigen Elektroden 3A und 3B hindurch mit den Augen beobachtet werden.

Da ein solcher Aufbau, in dem das Gewicht mit den Augen beobachtet werden kann, so wie oben beschrieben ausgebildet werden kann, kann das Eindringen von Fremdmaterial von außen geprüft werden, so daß die Prüfzeit abgekürzt werden kann.

Obwohl in dieser Ausführungsform als Elektrodenmaterial Indiumoxid-Zinn verwendet wird, ist die vorliegende Erfindung nicht auf dieses spezielle Material beschränkt. Beispielsweise können bei Verwendung eines anderen Materials, etwa Indiumoxid, Zinnoxid oder ähnliches, auf ähnliche Weise wie oben durchsichtige Elektroden ausgebildet werden.

Wenn Elektroden unter Verwendung eines Hochfrequenz-Ionplatings ausgebildet werden, kann ein eine Durchgangsbohrung 12 enthaltender und nach außen führender Verdrahtungsbereich 13 geschaffen werden. Hierbei kann hinsichtlich einer exakten Verbindung zwischen den Elektroden 3A und 3B und der nach außen führenden Verdrahtung 13 eine weitere Verbesserung erzielt werden.

Im folgenden werden weitere Ausführungsformen gemäß dem zweiten Aspekt der vorliegenden Erfindung mit Bezug auf die Fig. 15 und 16 beschrieben.

Obwohl in der obigen Ausführungsform der Fall erläutert worden ist, in dem durchsichtige Elektroden aus Indiumoxid-Zinn durch Hochfrequenz-Ionplating ausgebildet werden, ist in den Fig. 15 und 16 der Fall gezeigt, in dem jede der Aluminiumelektroden eine netzartige Gestalt besitzt und somit durchsichtig ist.

In den Fig. 15 und 16 sind als Beispiele für die Netzform eine Rundloch-Elektrode 31 bzw. eine Rechteckloch-Elektrode 32 gezeigt. Es kann jedoch jede geeignete, netzähnliche Elektrode verwendet werden.

Wenn netzähnliche Elektroden, wie sie oben beschrieben worden sind, verwendet werden, können die durchsichtigen Glassubstrate durch die netzähnlichen Elektroden hindurch beobachtet werden. Daher kann auch das Gewicht 4 durch die netzähnlichen Elektroden und das Glassubstrat hindurch beobachtet werden.

In diesem Fall kann Aluminium oder ähnliches als Elektrodenmaterial verwendet werden. Weiterhin können die nach außen führende Verdrahtung und die festen Elektroden 31 und 32 einteilig ausgebildet werden, wenn die Elektroden durch Hochfrequenz-Ionplating ausgebildet werden. Daher kann durch die Durchgangsbohrung 12 zwischen der nach außen führenden Ver-

drahtung und den festen Elektroden 31 und 32 eine exakte Verbindung erzielt werden.

Durch die Schaffung eines Aufbaus, in dem der Massenbereich wie etwa ein Gewicht oder ähnliches durch die festen Elektroden hindurch mit den Augen beobachtet werden kann, kann das Eindringen von Fremdmaterial durch eine externe Sichtprüfung festgestellt werden.

Patentansprüche

1. Beschleunigungsdetektor, gekennzeichnet durch

ein Paar von Substraten (1), die jeweils einander gegenüberliegende, elektrisch isolierende Oberflächen besitzen;

festen Elektroden (3), die jeweils an den elektrisch isolierenden Oberflächen des Paares von Substraten (1) vorgesehen sind;

einen Ausleger (5) mit einem zwischen das Paar von Substraten (1) eingesetzten festen Ende (2) und einem zwischen dem Paar von Substraten (1) frei schwingbaren freien Ende; und einen elektrisch leitenden Massenbereich (4), der am freien Ende des Auslegers (5) so ausgebildet ist, daß er zwischen den festen Elektroden (3) frei schwingbar ist und in seinem Inneren wenigstens zwei Hohlräume (6) aufweist.

2. Beschleunigungsdetektor gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Hohlräume (6) im Inneren des Massenbereichs (4) jeweils mit kleinen Öffnungen (6A) versehen sind, die gegenüber den festen Elektroden (3) in den Oberflächen des Massenbereichs (4) ausgebildet sind.

3. Beschleunigungsdetektor gemäß Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Massenbereich (4) aus Silizium hergestellt ist und die Oberflächen des Massenbereichs (4) mit Ausnahme der kleinen Öffnungen (6A) durch eine Störstellschicht (7) mit niedriger Ätzrate gebildet werden.

4. Beschleunigungsdetektor gemäß Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Massenbereich (4) aus Silizium hergestellt ist und die Oberflächen des Massenbereichs (4) mit Ausnahme der kleinen Öffnungen (6A) nacheinander in dieser Reihenfolge mit einer elektrisch isolierenden Schicht (8) und einer elektrisch leitenden Schicht (9) beschichtet sind, wobei die elektrisch leitende Schicht (9) mit dem Silizium verbunden ist.

5. Beschleunigungsdetektor, gekennzeichnet durch ein Paar von Substraten (1), die jeweils einander gegenüberliegende, elektrisch isolierende Oberflächen besitzen;

festen Elektroden (3), die jeweils auf den elektrisch isolierenden Oberflächen des Paares von Substraten vorgesehen sind;

einen Ausleger (5) mit einem das Paar von Substraten (1) eingesetzten festen Ende (2) und einem zwischen dem Paar von Substraten (1) frei schwingbaren freien Ende; und

einen elektrisch leitenden Massenbereich (4), der am freien Ende des Auslegers (5) so ausgebildet ist, daß er zwischen den festen Elektroden (3) frei schwingbar ist und in seinem Inneren wenigstens einen Hohlraum (6) aufweist.

6. Beschleunigungsdetektor gemäß Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Massenbereich (4) durch Aneinanderfügen zweier Siliziumplatten (2a, 2b) ausgebildet wird, so daß der Hohlraum (6) im

Inneren des Massenbereichs (4) durch konkave Bereiche (10), die in den aneinandergesetzten Seiten der Siliziumplatten (2a, 2b) ausgebildet sind, geschaffen wird.

7. Beschleunigungsdetektor, gekennzeichnet durch ein Paar von Substraten (1), die einander gegenüberliegende, elektrisch isolierende Oberflächen besitzen;

einen Ausleger (5) mit einem zwischen das Paar von Substraten (1) eingesetzten festen Ende (2) und einem zwischen dem Paar von Substraten (1) frei schwingbaren freien Ende, das dünner als das feste Ende (2) ist;

einen elektrisch leitenden Massenbereich (4), der am freien Ende des Auslegers (5) ausgebildet ist und dünner als das feste Ende des Auslegers (5) und dicker als der mittige Bereich des Auslegers (5) ist; und

festen Elektroden (1A), die auf den elektrisch isolierenden Oberflächen des Paares von Substraten (1) vorgesehen sind und gegenüber dem Massenbereich (4) so angeordnet sind, daß zwischen dem Massenbereich (4) und jeder der festen Elektroden (1A) jeweils ein Spalt mit einer vorgegebenen Breite entsteht.

8. Beschleunigungsdetektor, gekennzeichnet durch ein Paar von Substraten (1), die einander gegenüberliegende, elektrisch leitende Oberflächen besitzen;

elektrisch isolierende Platten (10'), die an gegenüberliegenden Seiten des Paares von Substraten (1) vorgesehen sind;

einen Ausleger (5) mit einem zwischen die elektrisch isolierenden Platten (10') des Paares von Substraten (1) eingesetzten festen Ende (2) und einem zwischen dem Paar von Substraten (1) frei schwingbaren freien Ende; und

einen elektrisch leitenden Massenbereich (4), der am freien Ende des Auslegers (5) ausgebildet ist und in seinem Inneren wenigstens einen Hohlraum (6) aufweist.

9. Sensor zur Verschiebungserfassung, gekennzeichnet durch

einen Verschiebungsbereich (4), der durch eine auf ihn ausgeübte Kraft verschiebbar ist; und durchsichtige Elektroden (3A, 3B), durch die der Verschiebungsbereich (4) beobachtbar ist.

10. Sensor zur Verschiebungserfassung, gekennzeichnet durch

einen Verschiebungsbereich (4), der durch eine auf ihn ausgeübte Kraft verschiebbar ist;

ein Paar von elektrisch isolierenden, durchsichtigen Substraten (1A, 1B), die jeweils gegenüber dem Verschiebungsbereich (4) angeordnet sind und vom Verschiebungsbereich (4) durch Spalte mit vorgegebener Breite getrennt sind; und

durchsichtige Elektroden (3A, 3B), die zwischen den elektrisch isolierenden, durchsichtigen Substraten (1A, 1B) und dem Verschiebungsbereich (4) so angeordnet sind, daß der Verschiebungsbereich durch die elektrisch isolierenden, durchsichtigen Substrate (1A, 1B) und die durchsichtigen Elektroden (3A, 3B) beobachtbar ist.

11. Sensor zur Verschiebungserfassung, gekennzeichnet durch

einen Verschiebungsbereich, der ein Gewicht (4), das durch eine auf es ausgeübte Kraft verschiebbar ist, und einen das Gewicht (4) tragenden Ausleger

- (5) aufweist, wobei das Gewicht (4) und der Ausleger (5) aus Silizium hergestellt sind;
ein Paar von Glassubstraten (1A, 1B), zwischen denen der Verschiebungsbereich (4) so angeordnet ist, daß zwischen den Glassubstraten (1A, 1B) und dem Gewicht (4) Spalte mit vorgegebenen Breiten ausgebildet werden; und
durchsichtige Elektroden (3A, 3B), die an den Glassubstraten (1A, 1B) so befestigt sind, daß der Verschiebungsbereich (4) durch die Glassubstrate (1A, 1B) und die durchsichtigen Elektroden (3A, 3B) beobachtbar sind.
12. Sensor zur Verschiebungserfassung gemäß Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die durchsichtigen Elektroden (3A, 3B) aus einem Indiumoxid-Zinn-Material hergestellt werden.
13. Sensor zur Verschiebungserfassung gemäß Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß das Indiumoxid-Zinn-Material auf den Glassubstraten (1A, 1B) durch ein Hochfrequenz-Ionplating-Verfahren befestigt wird.
14. Sensor zur Verschiebungserfassung gemäß Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß jede der durchsichtigen Elektroden (31, 32) eine netzähnliche Gestalt besitzt.

Hierzu 7 Seite(n) Zeichnungen

30

35

40

45

50

55

60

65

FIG. 1

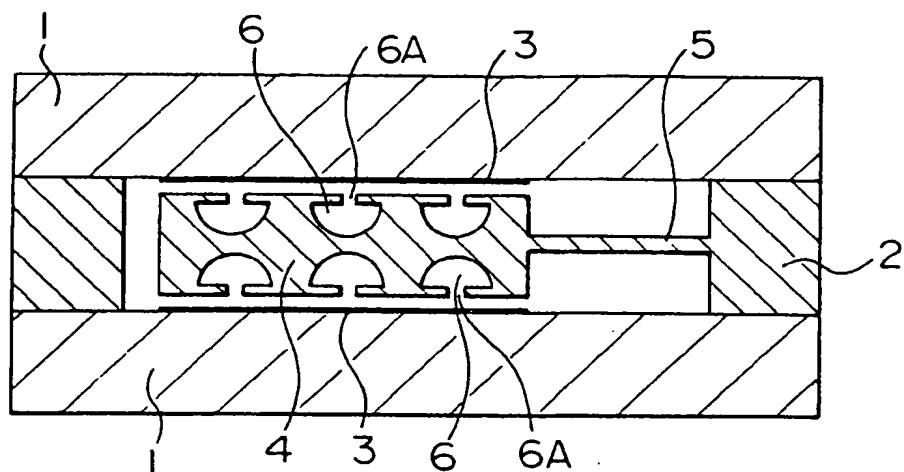


FIG. 2

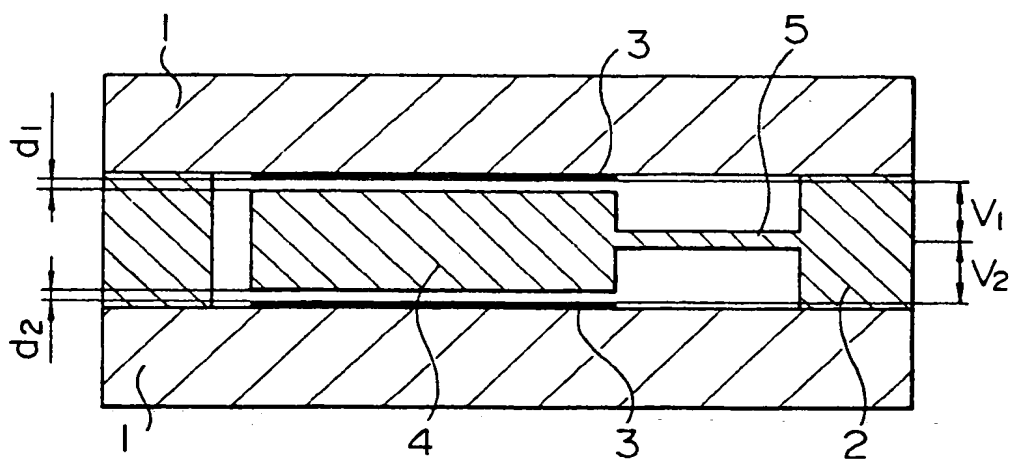


FIG. 3

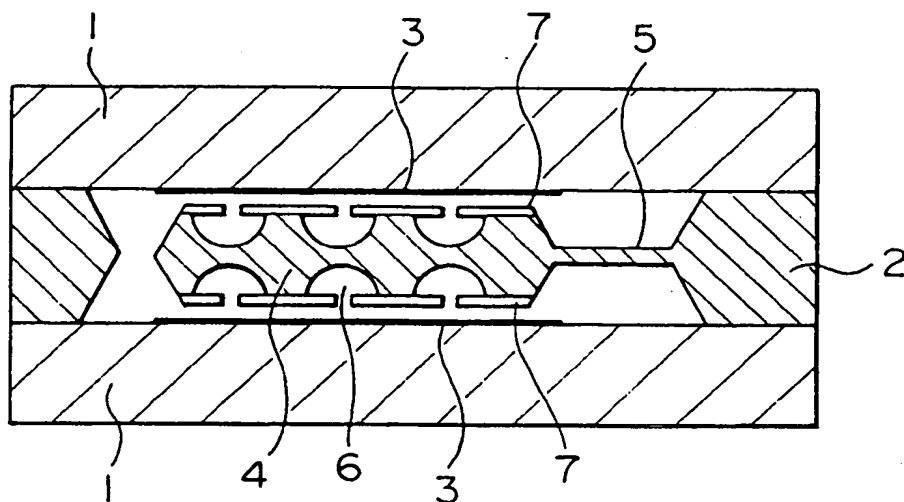


FIG. 4

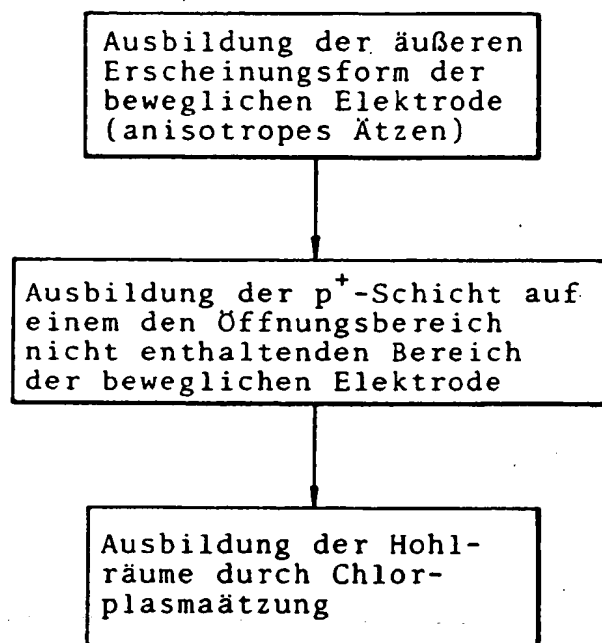


FIG. 5

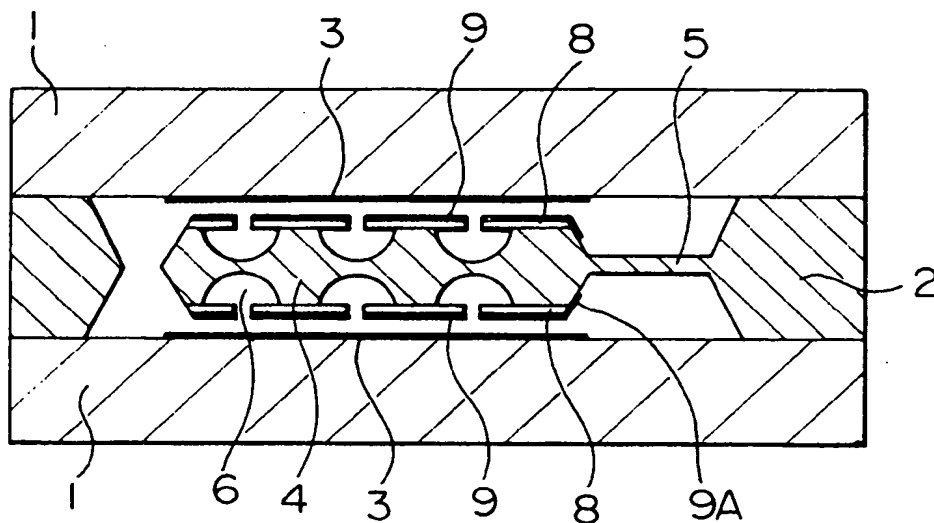


FIG. 6

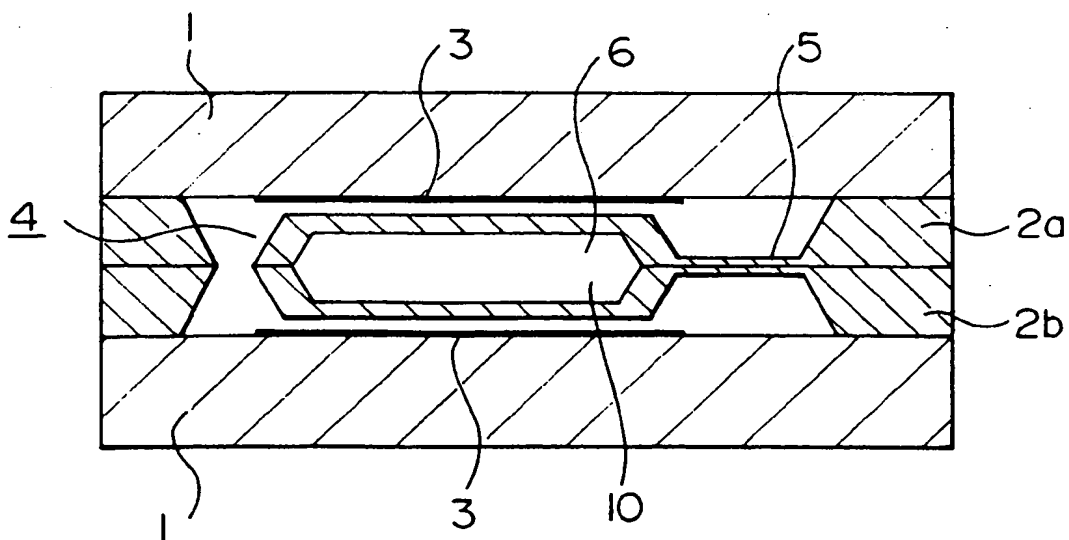


FIG. 7

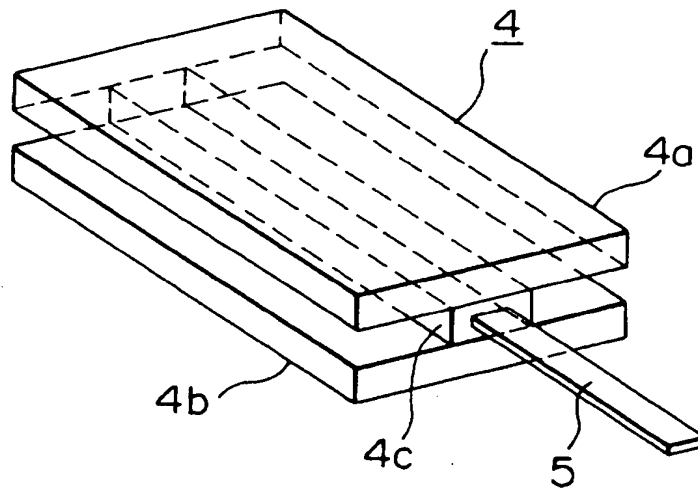


FIG. 8

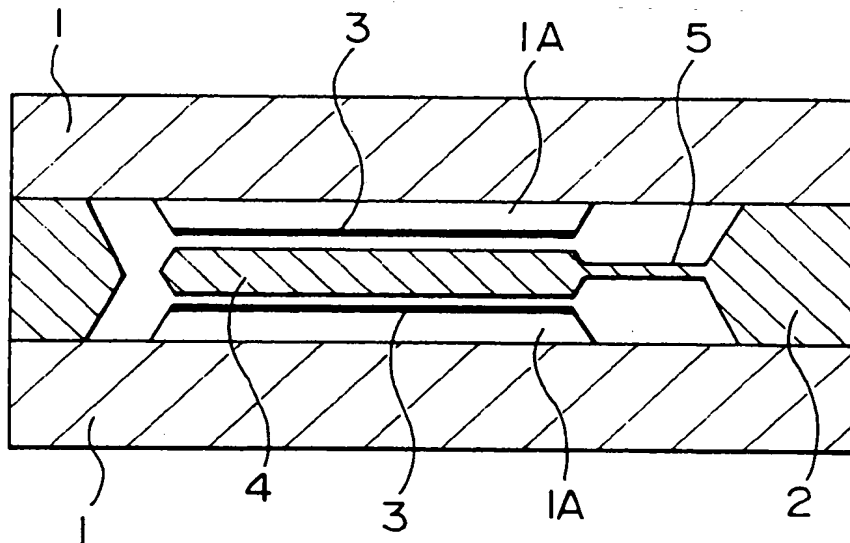


FIG. 9

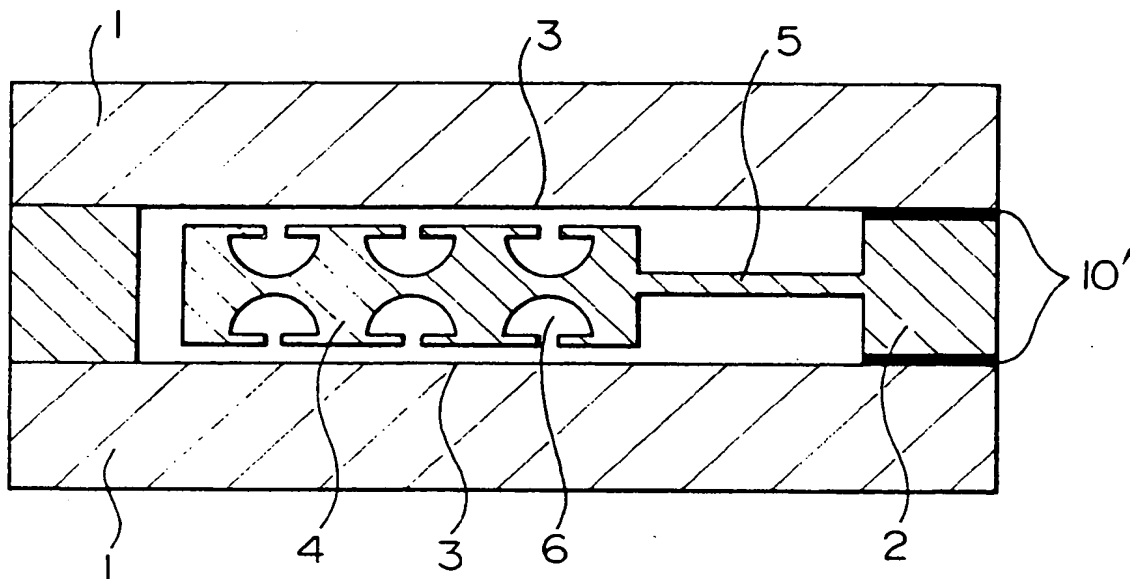


FIG. 10

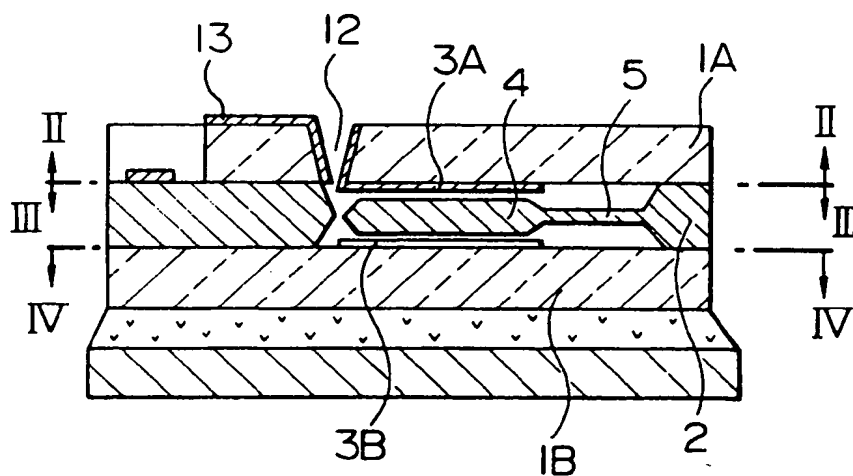


FIG. 11

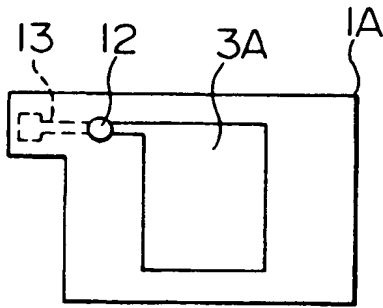


FIG. 12

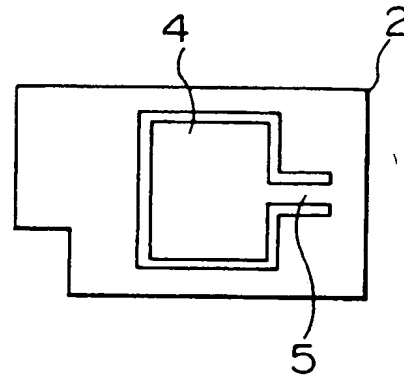


FIG. 13

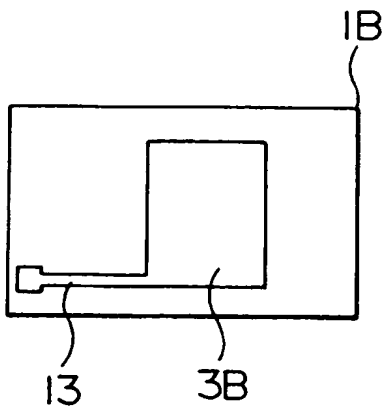


FIG. 14

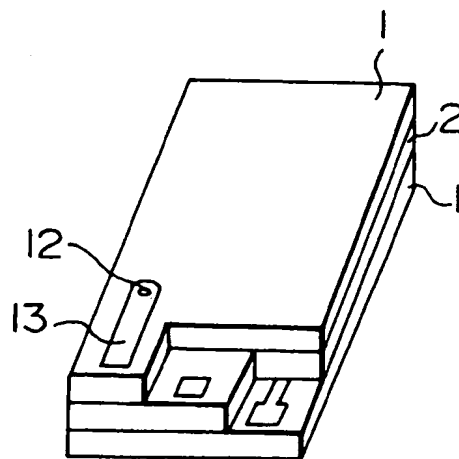


FIG. 15

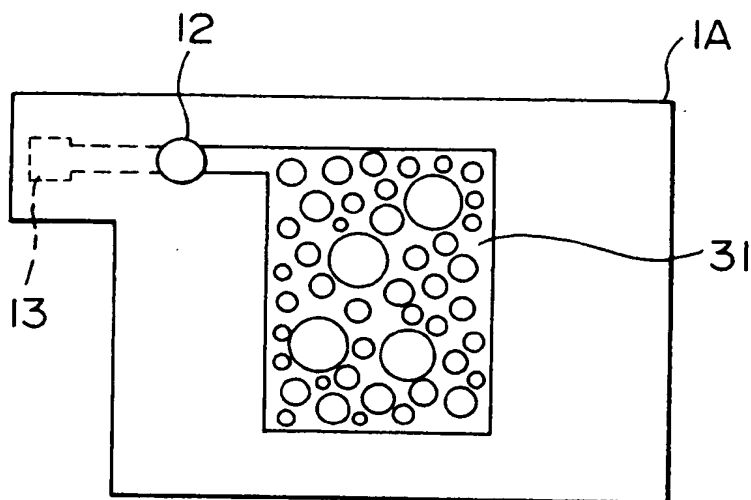


FIG. 16

